

철도신호시스템 병행운전(ATS/ATC)에 따른 ATS신호기 오동작개선

Prevention of the Malfunction of the ATS Signaling System by Parallel Operation with ATC

정 락 교* · 김 백 현* · 강 석 원* · 박 건 원**

(Rag-Gyo Jeong · Baek-Hyun Kim · Seok-Won Kang · Geon-Won Park)

Abstract - The performance requirements on the safety-based functionality of railway signal systems have been reinforced and the effort for enhancement of the existing system or development of the new system is being accordingly made. In particular, various technical researches on replacement or improvement of the existing ATS(Automatic Train Stop) signaling system are now in progress for better operational efficiency. In this study, the complementary points for improvement or replacement of the currently used system(i.e., ATS) will be derived in terms of operating efficiency in an integrated operating environment with the newly introduced system(e.g., ATC: Automatic Train Control). This study can contribute to derive the need for improvement of the signaling system by checking the interface problems and comparing between different systems through the analysis of real operation cases in the field. Eventually, this analysis can be applied to prevent and estimate the collision accidents can be caused by the failure of the signaling system in advance. In addition, the results can be used to provide a future direction to secure the reliability in the parallel operation by integration based on different railway signaling systems.

Key Words : ATS(Automatic Train Stop), ATC(Automatic Train Control)

1. 서 론

철도 신호시스템은 안전을 기반으로 한 열차의 추·충돌을 방지하기 간격유지의 원천적인 기능으로부터 열차운행의 감시 및 제어를 위해 다양한 형태로 발전되어 왔다. 효율적 운영을 위하여 자동운전 기능을 부가하고 유지보수의 활용성을 극대화 할 수 있는 시스템으로 진화하였다. 현재는 출입문, 스크린 도어와 연계된 자동운전과 열차의 운영에 필요한 정보뿐만 아니라 승객들에게도 이용정보를 제공하여야 하며 이를 실시간적으로 연계하여 운행 및 제어를 위한 통신기반의 열차제어시스템의 개발단계를 넘어 적용에 이르렀다. 차량과 인프라의 수명이 다되었을 때 폐기 절차와 시스템 개량 및 부분적인 시스템 개선에 대한 방법 등은 운영환경 여건에 따라 수립되고 시행되어야 할 것이다. 철도시스템은 유지보수 및 시스템 개선을 통해 운영되어야 함에 따라 신호시스템은 교체가 필요하다. 교체방법으로는 구간을 구분하여 운영을 잠정 중단하여 차단하고 시행하는 방법과 운영과 함께 수행하는 방법 등의 적용시스템 및 운영사의 운영조건에 따라 선택되어야 하며 차량시스템과의 인터페이스를 고려하여야 한

다. 또한 시스템 운영과 함께 신호시스템을 교체할 때에는 기존 시스템의 제어대상인 차량의 개량여부와 활용을 고려하여야 한다. 여기서는 기존의 전통적인 지상신호에 의하여 열차를 제어하는 자동열차제지(ATC : Automatic Train Stop)방식을 컴퓨팅 및 제어기술의 발달에 따라 차상을 기반으로 하여 열차제어 하는 차상신호의 자동열차제어(ATC : Automatic Train Control)방식으로 교체하였다. ATC는 통상적으로 자동열차보호/자동열차운전(ATP/ATO : Automatic Train Protection/Automatic Train Operation)시스템이라 하며 이를 설치하여 운전자의 조작을 최소화하고 전동차를 자동운전 하도록 함으로써 열차운영 효율을 극대화할 수 있는 방법을 제시하였다[1-6]. 아울러 시스템 교체시 운영 효율성을 고려하여 구축하여야 하며 ATS시스템을 ATC시스템으로 개량하는 과정에서 ATS시스템을 탑재한 차량 운영을 만료할 때까지 ATS시스템과 ATC시스템을 일정기간 중첩 사용하여 병행 운전하다가 궁극적으로 ATC로 교체되도록 하였다. 이때 문제를 야기할 수 있는 양 시스템간의 주파수 간섭으로 인한 오동작을 방지하고 효율적으로 운영하기 위해 ATC와 기존 ATS시스템이 중첩 사용하여 병행운전에 필요한 가능 운영시나리오를 시스템 적용환경에 부합하게 도출하였다. 그리고 도출한 운영시나리오를 적용하여 시험운영사례 분석하여 효과가 있음을 입증되었다[7]. 본 논문에서는 두 시스템을 중첩 사용하여 병행 운전할 때에 운영측면에서 이중 시스템의 분석으로 이중 시스템간의 인터페이스 문제점을 점검하여 기존 ATS 시스템의 신호기 오동작을 야기하는 신호현시에 미치는 인자를 분석하였다. 이를 통해 하드웨어적으로는 통신방식을 간결하고 신뢰성 있게 개선하고 소

* Corresponding Author : Future Transportation Systems Research Division, Korea Railroad Research Institute, Korea
E-mail : rgjeong@krrri.re.kr

* Future Transportation Systems Research Division, Korea Railroad Research Institute, Korea

** Seoul Metro.

Received : May 7, 2015; Accepted : June 24, 2015

소프트웨어적으로는 신호현시 조건을 개선하여 ATS 신호기 오동작이 일어나지 않도록 안정적인 운영기반을 마련하였다.

2. 본 론

2.1 적용 신호시스템

2.1.1 ATS 시스템

4현시 전용으로 사용 중에 있는 차상연속 속도조사방식(ATS)의 동작 구조는 그림 1과 같다. 차상장치는 지상으로부터 전해진 다양한 주파수 정보(130, 122, 114, 106, 98kHz)를 받는 차상자, 정보를 해석하여 경보기와 제동장치의 회로를 제어하는 수신기, 속도조사부, 계전기 논리부, 운전실내에 설치된 경보기, 표시기, 전원부 및 기타부속품 그리고 차량의 실제속도를 감지하는 속도발전기 등으로 구성되어 있다. 지상장치는 경보지점의 궤도사이에 설치되어 그 지점을 통과하는 열차에 정보를 보내는 지상자와 이것을 신호기의 현시에 따라 제어하는 지상자제어계전기 및 캐이블로 구성되어 있다.

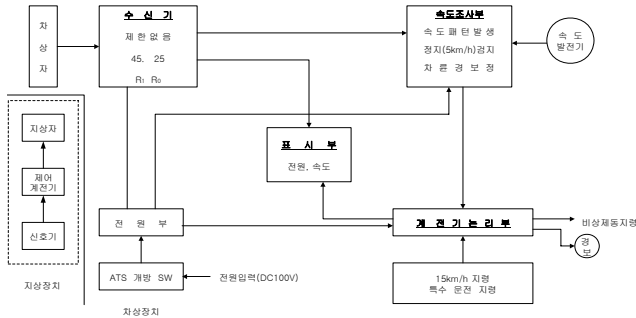


그림 1 4현시 ATS장치의 동작구조

Fig. 1 Process profile for actuated four phases ATS

표 1 신호현시와 조사속도

Table 1 Signal indication and velocity

구분	진행 G	감속 YG	주의 Y	경계 YY	정지 R ₁	절대정지 R ₀	
4 현 시	공진 주파수 (kHz)	98		106		122	130
	제한 속도 (km/h)	Free	65	45	25	0(15)	0
	조사 속도 (km/h)		-	45상당	25상당	0 (15상당)	0

4현시 ATS장치의 기본 동작원리는 여러 신호를 차상으로 전송하여야 하기 때문에 지상 장치의 경우 변주신호를 여러 가지 형태로 제공하기 위하여 커패시터와 계전기를 여러 개 달아놓은

방식으로 구성하고 있으며, 차상장치의 경우 실제속도와 제한속도를 비교하여 열차를 안전하게 제어한다. 표 1은 4현시 때 ATS 지상 장치의 공진주파수와 차상장치의 제한속도 및 조사속도이며, 이때의 신호등 표시방법은 표 2와 같다.

표 2 신호현시에 따른 신호등 표시방법

Table 2 Signal indication system by signal phase

신호현시	진행 신호 G	경계 신호 YG	주의 신호 Y	감속 신호 YY	정지 신호 R	비 고
4현시						지상 구간
						지하 구간

운전제어곡선은 ATS 속도제어방식의 기능을 토대로 작성한 내용을 그림 2와 같이 나타내었다.

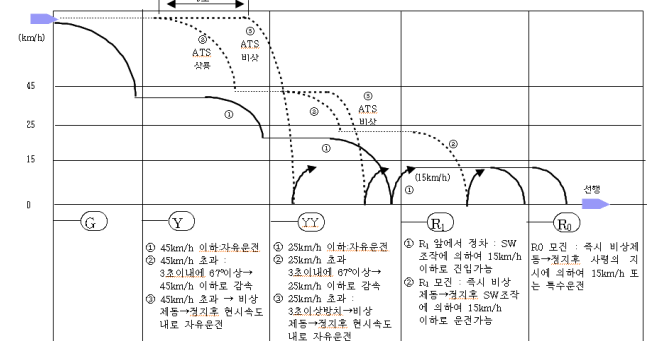


그림 2 4현시 ATS 장치 운전제어곡선도

Fig. 2 Vehicle control profile for actuated four phases ATS

2.1.2 ATC 시스템

지상신호설비는 속도와 관련된 데이터를 지상에서 차상으로 전송하여 차상에서 차량과 관련된 파라미터를 감안하여 최종속도를 연산하는 방식이다. 이는 기존의 코드 레이트(Code Rate)방식에 비해 열차의 접근거리가 좁아져 도심의 철도에 승객수요에 대한 능동적 대처가 가능한 특징을 갖고 있다. 또한 지상에서 전송하는 각종 텔레그램에 의해 정위치 정차, 출입문 개폐, 출발, 가속, 주행, 감속, 정차의 운전을 자동으로 수행하는 기능을 갖고 있어서 열차의 운행효율의 향상이 기대되는 설비이다. 특히 주요설비가 3개의 입력 중 2개가 정상일 때 출력(2 Out of 3)이 되는 구조이다. 즉 전자연동장치와 자동열차제어장치를 3대의 컴퓨터로 구성하여 2대 이상이 참 값일 경우 정상동작 되도록 되어 있어 1대의 컴퓨터가 고장 나더라도 차량의 운영에 지장을 최소화하여 보수가 가능하도록 설계되었다.

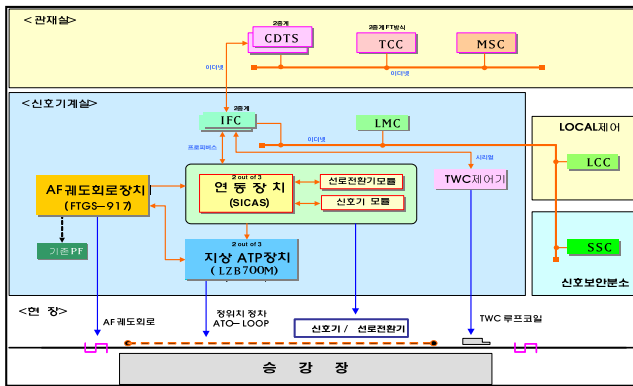


그림 3 ATC 지상신호 장치 구성도
 Fig. 3 System diagram for ATC ground signaling

자동열차제어장치는 전자연동장치에 의해 결정된 진로상에서 열차 이동을 직접적으로 제어하는 시스템이다. 주요 기능으로는 속도와 거리에 관련된 텔레그램을 연산하는 컴퓨터를 이용하여 현재 궤도의 제한속도, 다음궤도의 진입속도, 목표거리, 목표점 속도, 제한속도 시작점까지의 거리, 제한속도 끝점까지의 거리, 제한속도구간의 속도, 현재 궤도회로 주파수, 다음 궤도회로의 주파수, 현 궤도회로의 길이, 다음 궤도의 구배, 다음 역의 출입문 방향, 비상제동여부, 운행방향 등의 각종 열차 안전운전과 직결되는 데이터를 생성시킨다. 이의 기능을 토대로 작성한 운전제어곡선개념도는 그림 4와 같다.

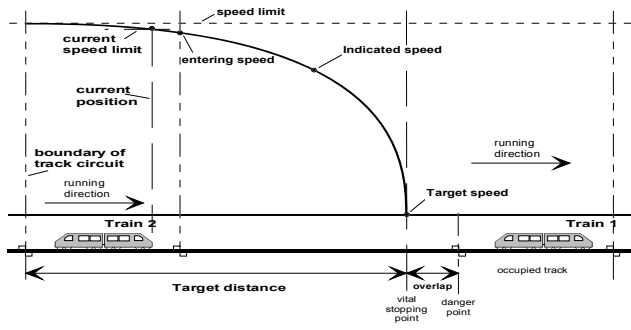


그림 4 ATC(ATP/ATO)장치 운전제어곡선개념도
 Fig. 4 Concept diagram for vehicle control of ATC control

사이, 계전연동장치와 전자연동장치 사이에 인터페이스가 구성 되어있다.

설치된 기존 ATS와 신규로 설치한 ATC 장치를 중첩 설치하여 병행운전에 사용된다. 이때 중첩하여 설치된 지상 신호 장치 중 ATP/ATO 지상장치가 ATS차량에 영향을 주어 이상 동작측면에서 불 필요가 있다. ATS로 인해 ATP/ATO는 기본적으로 디지털 형태로 영향을 받을 경우는 없는 것으로 보았다. ATS차량에 설치된 ATS 차량장치의 동작구조 및 기능, 운전제어곡선 등을 검토한 결과 ATS 지상장치를 통과 할 때 지상장치의 공진주파수가 차량

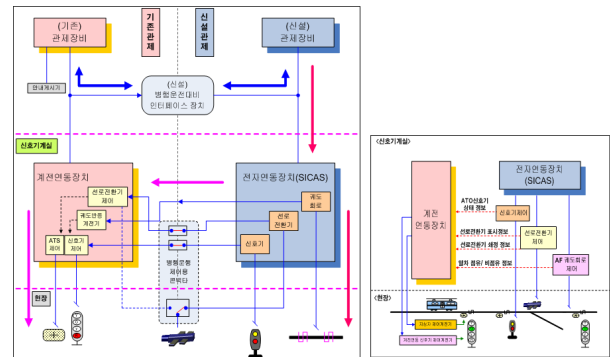


그림 5 ATS/ATO 중첩운영 시스템 구성도 및 인터페이스 현황
 Fig. 5 System diagram and interface status for ATS/ATO mixed operation

표 3 ATS와 ATC 설비의 기능적 비교

Table 3 Functional comparison between ATS and ATC

구분	현 설비(ATS)	개량 설비(ATC)
운전 방식	· ATS 점 제어 지상 신호방식/기관사 수동 운전	· ATP/ATO자동운전방식/차내 연산시스템의 자동운전방식
연동 장치	계전연동장치(계전기에 의한 연동로직 구성/최대 5현시의 신호제어)	전자연동장치(컴퓨터에 의한 연동로직/차내 신호 및 분기부 통과신호기)
궤도 회로 장치	유절연 복궤조(상용 주파수 사용/궤도상태 점유, 비점유 검지)	무절연 AF 궤도회로(8개 주파수(9.5~16.5kHz) 사용/궤도 상태 및 텔레그램 전송)
전기 선로 전환기	NS-AM or NS 형(국내 표준선로전환기 사용)	NS-AM or NS형(기존 설비와 동일)
신호기	3등형 신호기(R,Y,G) · 최대 5현시 신호방식/역에 폐색신호기 설치	2등형 신호기(R,G) · 분기구간에 설치/분선구간에는 설치하지 않음
정차등	해당사항 없음(신호 현시에 의한 열차 출발)	정차등 설치(각역에 정차등 설치/정차등 점멸 출발 예고)
안전 운행 설비	ATS 설비(지상신호에 의존) · 정지신호 통과시 제동체결	ATP/ATO(차상신호에 의존) · 차내 지시속도에 의한 자동운전
정위치 정차	해당사항 없음(기관사에 의한 승강장 정차)	정위치 정차 설비(승강장에 Loop 설치/ ATO 자동정위치 정차)
TWC 장치	해당사항 없음(기관사와 관제실간 무선 설비로 통화 확인)	TWC 설비(승강장에 Loop Coil 설치 /차상↔지상간 정보 송수신)
사령실 설비	TCC, MSC, LDP, IFC, CDTs(컴퓨터에 의한 제어)	TCC, MSC, CDTs(컴퓨터에 의한 제어/컴퓨터에 의한 운행 스케줄 작성)

의 ATS 차상장치에 수신되어 ATS 기능이 동작되도록 설계되어 있었으며, 특히 R₀ 신호구간(지상자 공진주파수 130kHz) 진입시에는 ATS 차상장치의 제어논리 분석결과 즉시 정지하도록 그 기능이 설계되어 있다. 다만 ATP/ATO시스템의 전자연동장치에서 처리한 연동결과를 입력카드를 통해 수신하여 해당조건에 부합하도록 신호기와 ATS 지상자를 제어하며 폐색구간에서는 궤도조건에 따라 폐색신호기와 ATS지상자를 제어하도록 하는 연동제어장치가 있다. 전자연동장치와 연동제어장치간의 조건을 수신하는 방법으로 통신에 의한 방법과 실선에 의한 방법으로 구축 운영하도록 되었고 통신에 의한 경우는 프로토콜 및 프로그램에 대하여 문제점 및 개선 방안 마련을 통해 개선이 필요하다. 특히 철도 신호시스템 특징상 요구사항으로 안전측 동작(Fail-safe)의 원칙에 의하여 설계, 제작되어야 하고 한개 또는 여러 개의 부품 또는 모듈, 장치에 고장이 발생하거나 입력신호의 손실, 연산오류, 부정출력, 소프트웨어 작성오류 등의 어떠한 경우에도 오동작 또는 열차운행에 위험한 출력이 발생되지 않아야 한다. 또는 PCB보드 및 이중계 구성 요구사항으로 각 모듈은 전원이 투입된 상태에서 분리 또는 삽입하여도 분리된 모듈이나 다른 장치에 손상이 없어야 하며 예비계로 절체 되어 장치의 운용에 지장이 없어야 하며, 한 장치의 결함 또는 고장이 다른 장치의 고장 또는 오동작을 유발하지 않아야 하는 점 등이 요구된다. 실제 시스템 구성과 일련의 설계, 제작, 시험 등의 일련의 절차뿐만 아니라 유지보수 관점에서도 기준에 부합하게 관련 사항에 대하여 충분한 점검이 필요하다.

2.3 운영사례 분석 및 개선

2.3.1 시스템 운영 사례

시스템 중점 운영 사례중 유지보수 중 전원이 들어온 상태에서 A역의 전자연동장치의 대기계의 CPU보드를 탈거한 경우이다. 이에 의한 전기적인 쇼크에 인하여 이와 연결된 B역 전자연동장치의 통신보드가 오동작을 일으켜 오동작 전문이 A역으로 송신되었다. A역의 전자연동장치는 오 정보 전문을 처리하는 과정에서 정의되지 않은 정보에 대하여 신호기의 현시를 정지(R ; 빨강색)로 표기해야 한다. 하지만 진행(G ; 녹색)으로 처리하게 됨으로써 신호기 오동작을 일으키게 되어 전동차 추·충돌의 원인이 되었고 사고로 이어졌다. CPU보드는 이중계에 의해 제작되었고

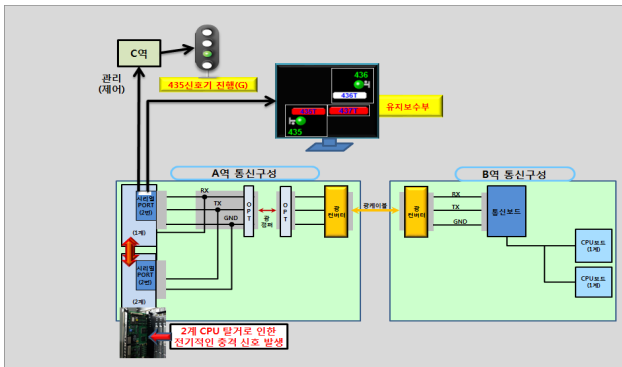


그림 6 시스템 구성도
Fig. 6 System diagram

개략적인 시스템 구성은 그림 6과 같이 나타내었다.

연동제어장치의 연동처리부 궤도연산 제어 처리 흐름도 그림 7과 같다. 이는 역간 폐색 정보 입력방법(B역)기준으로 C역 입력카드 처리를 B역과 A역간 데이터 통신처리를 설명한 것으로 신호기 정보(437HR), 궤도정보(437TPR, 435TPR, 436TPR)의 통신전문의 데이터부로 구분된다. B역간 폐색정보 입력 방법으로 신호기 및 궤도 정보에 따라 신호기 현시상태 및 궤도 상태를 로직화하였다. 또한 A역의 연동제어부의 궤도정보를 토대로 점유 및 비점유 처리 흐름도를 나타내었다.

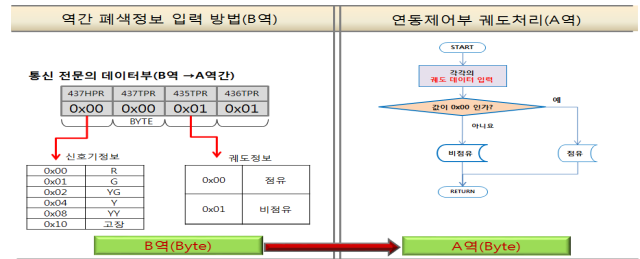


그림 7 연동처리부 궤도연산 제어처리 흐름도
Fig. 7 Flow chart for track calculation control process in interlocking part

그림 8은 연동제어장치의 연동처리부 신호기 처리 흐름도를 나타낸 것으로 궤도 점유와 신호현시(G, YG, Y, YY, R1, R0) 조건에 따른 현시출력과의 관계이다.

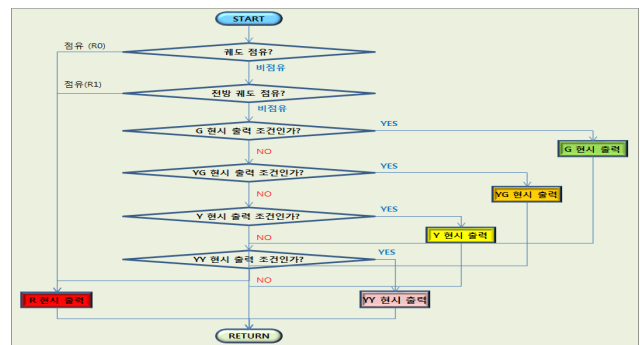


그림 8 연동처리부 신호기 제어처리 흐름도
Fig. 8 Flow chart for signal control process in interlocking part

하드웨어적으로는 기존 사용 중인 이더넷 통신과 새로이 부가한 시리얼통신(RS-232)을 혼용 사용하고 있다. 좀 더 세밀하게 나타내면 그림 9와 같이 연동역-단말역은 이더넷 통신, 연동역-연동역은 시리얼통신(RS-232)을 사용하였다,

표 4는 0~255값의 정보 중 “0”값 1개만 점유(정지), “1”값 비점유(진행), 나머지 254개는 정의를 하지 않았고 비 점유(진행)형태로 구현되었다. 이는 비정상적으로 노이즈 및 이상신호시 안전측 동작이 구현 되지 않은 형식이라 할 수 있다.

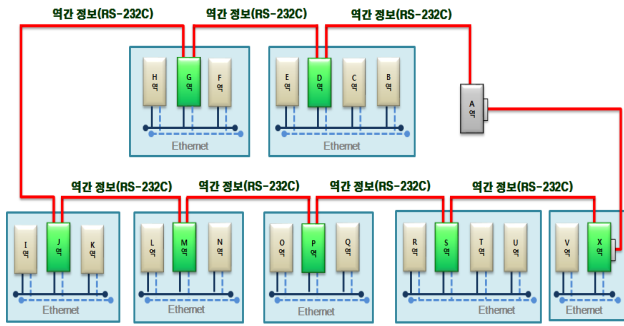


그림 9 통신 연결 구성도
Fig 9 Connection diagram of communication

표 4 데이터 구조 및 프로토콜
Table 4 Data structure and protocols

연번	신호(bit)	byte	프로토콜 정의
0	00000000	00	점 유(정지)
1	00000001	01	비점유(진행)
2	00000010	02	정의안함 비점유(진행)
3	00000011	03	
4	00000100	04	
5	00000101	05	
~	~	~	
251	11111011	FB	정의안함 비점유(진행)
252	11111100	FC	
253	11111101	FD	
254	11111110	FE	
255	11111111	FF	

2.3.2 시스템 개선

B역에서 A역의 통신 프로토콜의 정의는 통신 속도 9,600bps로 필드명과 크기, 값 범위, 설명 등은 표 5과 같고 데이터 정보는 표 6과 같이 데이터 종류, 크기, 값, 내용을 나타내었다. 표 4의 CRC처리 등은 원칙적으로 프로그램화되었으나 표 6의 데이터 정보에서 궤도데이터의 점유, 비점유로 정의한 이외의 데이터 값을 정지 또는 점유로 안전측 동작 처리하였고 표 7과 같이 개선하였다.

철도신호시스템(ATS, ATC)을 중점 설치하여 운영하면서 기본적으로 요구되는 시스템 요구사항에 따라 시스템이 설계/제작/시험되어 입증되어야 하고 제작자의 요구사항을 따라야 할 필요가 있다. 다만 시스템 구축 진행과정에서 협의되고 시험으로 확인할 필요가 있다.

예기치 않은 노이즈 및 이상 신호시에 안전측 동작이 되도록 구현하기 위하여 프로토콜의 상태에 관하여 정의되지 않은 정보는 점유로 정의하여 처리할 수 있도록 표 6과 같이 프로토콜 정의를 개선하여 적용하였다. 이는 소프트웨어적으로는 0~255값의 정보 중 "1"값 1개만 무 점유(진행), 나머지 255개는 점유(정지)

표 5 B 영역에서 A역의 통신프로토콜
Table 5 Communication protocol from B to A

필드명	필드크기 (바이트)	값 범위	내용
stx	1	0x02	고정
size	1	0x08~0xff	패킷 전체길이(가변적)
seq	1	0x00~0xff	패킷의 순서번호 (패킷을 전송할 때마다 값이 증가)
opcode	1	0x10	고정
reserved	1	0x00	-
count	1	0x00~0x20	항목수
data	n	데이터 규칙에 준함	미리 정의된 순서에 따라 [궤도], [신호기] 들의 정보순서가 결정됨
crc16_lo	1	CRC16 계산의 하위 바이트값	stx~data까지의 CRC16 (생성다항식;X16+X12+X5+1)값
crc16_hi	1	CRC16 계산의 상위 바이트값	
etx	1	0x03	고정

표 6 Data 정보
Table 6 Data information

데이터	데이터크기 (바이트)	값	내용
궤도 데이터	1	0x00	점유
		0x01	비점유
신호기 데이터	1 데이터 처리시 비트 마스트 요함	0x00	R
		0x01	G
		0x02	YG
		0x04	Y
		0x08	YY
		0x10	고장(R~YY값과 비트 OR 연산 됨)
		0x20	내부 처리값

으로 처리하여 ATS 신호기 오동작이 일어나지 않게 구현하였다. 하드웨어적으로는 기존 사용 중인 이더넷 통신과 새로이 부가한 시리얼통신(RS-232)을 혼용 사용하던 것을 단일형식의 통신 방식으로 개선하여 연동역내-단말역 및 연간정보를 이더넷으로 통신하고 역간정보는 실선으로 일관되게 통일하여 신뢰성이 향상 되도록 하였다. 이를 통해 중점 설치된 철도신호시스템의 ATS 신호기 오동작을 개선하였다.

표 7 개선 후의 데이터 구조 및 프로토콜

Table 7 Data structure and protocols after improvement

연번	신호(bit)	byte	프로토콜 정의
0	00000000	00	점 유(정지)
1	00000001	01	비점유(진행)
2	00000010	02	점 유(정지)
3	00000011	03	
4	00000100	04	
5	00000101	05	
~	~	~	
251	11111011	FB	점 유(정지)
252	11111100	FC	
253	11111101	FD	
254	11111110	FE	
255	11111111	FF	

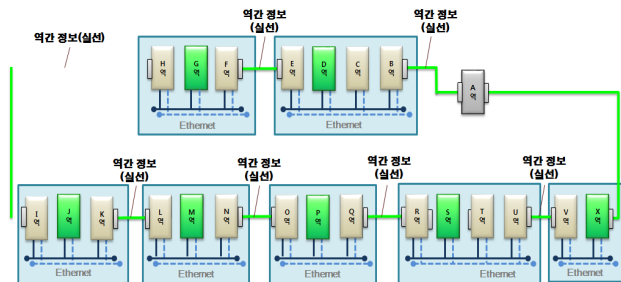


그림 10 개선 후의 통신 연결 구성도

Fig. 10 Connection diagram of communication after improvement

3. 결 론

철도신호시스템 구축 또는 병행운전을 위해 신호시스템 중첩 설치에 따른 면밀한 안전성 분석이 필요하다. 또한 안전에 치명적인 페일세이프 시스템은 안전성 분석이 시스템 구축전에 시행 되도록 하는 제도/기준 정립이 필요하며 안전성분석 기준, 방법에 대해 대해서도 명확하게 설정할 필요가 있다. 더불어 유지보수를 위한 일련의 기준, 절차를 수립하여 교육을 통해 숙지하도록 하여야 한다. 소프트웨어적으로는 연동제어장치의 궤도정보 처리를 "0x01"만을 비 점유 처리하고 그 이외는 점유로 설정 처리하여 안전측 동작 구현과 안전한 운행에 담보될 수 있다. 또한 ATS 신호기 오동작과 관련한 파라미터 분석을 통해 하드웨어적으로는 이종 시스템간 운영을 위해서는 안전을 최우선으로 고려하였다. 섹션과 섹션간의 통신은 동일한 기준과 방법으로 이더넷 방식으로 통일하고, 역간정보는 실선으로 개선함으로써 신뢰성 및 안전성을 도모하였다. 궁극적으로는 신호기 오동작으로 인한 사고에 대비가 가능하도록 안전측 동작을 구현하였다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 주요연구사업 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Rag-Gyo Jeong et al., " Railway Signalling System between New ATP/ATO System and Conventional System Compatibility Review for Seoul Metro 2 Line", Korea Railroad research Institute, Nov. 2008.
- [2] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Jeong-Ki Kim, Yong-Kyu Kim, "An Analysis of Parameter for Re-signal System", Autumn Conference of the Korean Society for Railway, Oct. 2008.
- [3] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Eui-Jin Joung, "A Study on the Interference of Harmonic Frequency during the Change of Urban Transit's Signalling Systems", Journal of academia-industrial technology, Vol.11, No. 2, pp469-475, Feb. 2010.
- [4] N. Watanabe, "Current Status and vision of automatic train operation at urban transit" IEEJ Journal Vol.123, No 1, pp24-27, Jan. 2013.
- [5] Young-Hwan Kho, Sun-Ho Yoon, Kyu-Hyoung Choi , "Analysis of EMI Between Overlapped Railway Signalling Systems and Its Countermeasure" Vol.58, No. 6, pp1116-1122, June 2009.
- [6] Kyu-Hyoung Choi, Young-Hwan Kho, Sun-Ho Yoon, "A Study on the EMI between ATS and ATP/ATO System", The Korean Society of Automotive Engineers, Con., 2009
- [7] Rag-Gyo Jeong, Baek-Hyun Kim, Seok-Won Kang, Young-Hwan Kho, "Study on the Design of Operation Scenario for Replacement of a Railway Signaling System", korean institute of electrical engineers, con., Vol.63, No.8, PP 1064-1069, Aug. 2014.

저 자 소 개



정 락 교(Rag-Gyo Jeong)

1991년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업.
 1999년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
 2005년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).
 1990년 12월 ~ 1994년 12월 한진중공업 사원.
 1995년 1월 ~ 현재 한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실 책임연구원
 Tel : 031-460-5725
 Fax : 031-460-5036
 E-mail : rgjeong@krri.re.kr



강 석 원(Baek-Hyun Kim)

2005년 2월 한양대학교 기계공학부 졸업.
2007년 2월 KAIST 기계항공시스템학부 졸업(석사). 2012년 5월 Texas A&M Univ. College Station 기계공학과 졸업(박사).
2007년 1월~2008년 7월 르노삼성자동차 사원. 2012년 5월~현재 한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실 선임연구원

Tel : 031-460-5673

Fax : 031-460-5036

E-mail : swkang@krri.re.kr



김 백 현(Seok-Won Kang)

1994년 2월 인하대학교 전자공학과 졸업.
1996년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2003년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 2003년 3월~현재 한국철도기술연구원 미래교통시스템연구실 선임연구원.

Tel : 031-460-5443

Fax : 031-460-5036

E-mail : bhkim@krri.re.kr



박 건 원(Geon-Won Park)

1995년 2월 충주산업대학교 산업안전공학과 (학사). 1995년 ~ 현재, 서울메트로 신호과장

E-mail : smscpwg@seoulmetro.co.kr